

УДК 625.739.4

КАТАСОНОВ М.А., ст. преподаватель (КузГТУ)
ДОЛЖИКОВ А.И., к.т.н., доцент (КузГТУ)
г. Кемерово, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ

Транспортные проблемы, связанные с прогнозированием и управлением дорожного движения, в прошлом столетии, постепенно начинали решать путем теоретического анализа и натурных экспериментов, но при рассмотрении крупномасштабных систем, к которым относятся автомобильные дороги, не всегда легко предложить достаточно точную теорию или провести адекватные их масштабу экспериментальные исследования. Поэтому очень важно уметь компенсировать недостаток средств для исследования путем использования математических моделей.

На сегодняшний день транспортные проблемы связаны, прежде всего, с ежегодным увеличением интенсивности движения и дорожно-транспортных происшествий, что в свою очередь приводит к транспортным задержкам и как следствие к ухудшению условий работы кольцевых пересечений автомобильных дорог в одном уровне, а также снижению пропускной способности пересечений. Необходимость решения этих проблем очевидна, а методы достаточно различны.

Для решения задач по оценке условий работы кольцевых пересечений, связанных с движением транспорта в зарубежных странах накоплен достаточно большой опыт по моделированию транспортных потоков. Движение транспорта является процессом, который относится к сложным системам. Движение транспортного потока является типичным примером сложной крупномасштабной системы. [1]

Для решения задач, связанных со сложными системами, важную роль играет моделирование, которое позволяет компенсировать недостаток средств и ресурсов для проведения исследований. Одним из методов решения таких проблем является имитационное моделирование транспортных потоков.

Одной из программ по имитационному моделированию имеющийся у авторов в использовании – это программный комплекс PTV Vision VISSIM в основе. VISSIM использует психофизиологическую модель восприятия WIEDEMANN.

Модель WIEDEMANN выигрывает, в сравнении с другими моделями, по количеству учитываемых факторов в моделировании транспортного трафика на микроуровне.

Модель включает в себя характеристики водителя, самого транспортного средства и представляет золотую середину между клеточными автоматами и остальными классами моделей семейства «follow-the-leader», что в переводе с английского языка означает «следование за впереди идущим» или «следование за лидером».

При моделировании транспортных потоков автомобили проиндексированы в соответствии с их порядком на дороге (рис. 1), при этом считается, что ускорение i -го автомобиля определяется состоянием соседних автомобилей. На динамику движения автомобиля основное влияние оказывает непосредственно предшествующий автомобиль $i+1$. Этот автомобиль называют лидирующим. В общем виде движение автомобилей определяется системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$V_i' = f(V_i, \Delta V_i, d_i)$$

где: V_i – скорость i – го автомобиля;

$\Delta V_i(t) = V_i(t) - V_{i-1}(t)$ – скорость i -го автомобиля относительно лидирующего автомобиля;

$$d_i = x_{i-1}(t) - x_i(t)$$

x_i – координаты i – го автомобиля;

$s_i = d_i - l_{i-1}$ – дистанция до лидирующего автомобиля с учетом длины автомобиля l_{i-1} .

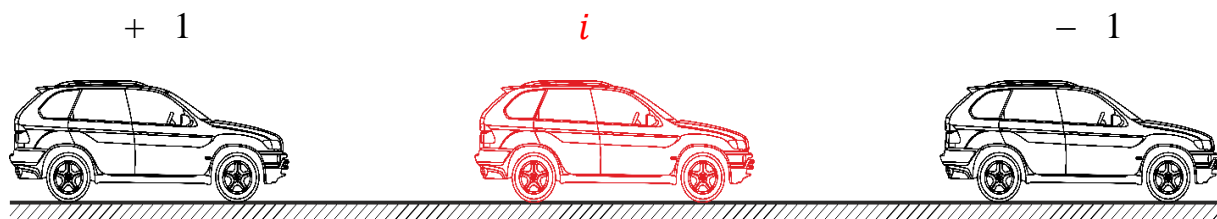


Рис. 1. Расположение автомобиля в транспортном потоке

После многочисленных эмпирических исследований, проведенных техническим университетом г. Карлсруэ (Германия), эта модель следования за впереди идущим ТС стала эталонной.

Более актуальные измерения доказывают, что изменившаяся за последние годы манера езды и технические возможности транспортных средств корректно отображаются в данной модели. [2]

Одним из основных и часто упоминаемых недостатков кольцевых пересечений является потеря времени, так называемая задержка, транспортными средствами при проезде через кольцевое пересечение.

Различают следующие виды задержки [3]:

- геометрическая задержка;
- задержка очереди;
- задержка светофорного регулирования;
- задержка линии остановки;
- средняя или полная задержка (величина средней задержки, включающая в себя задержку стоп-линии и геометрическую задержку).

Исследование выполнено для кольцевых пересечений с одной полосой движения на подходе и кольцевой проезжей части с радиусом центрального островка от 5 до 50 метров.

Исследование средней задержки транспортных средств осуществлялось в PTV Vision VISSIM при выполнении основных маневров на пересечении при значениях объемов движения, изменяющихся от 200 до 2400 авт./час. Результаты значений средней задержки полученные при моделировании кольцевых пересечений приведены на рис. 2.

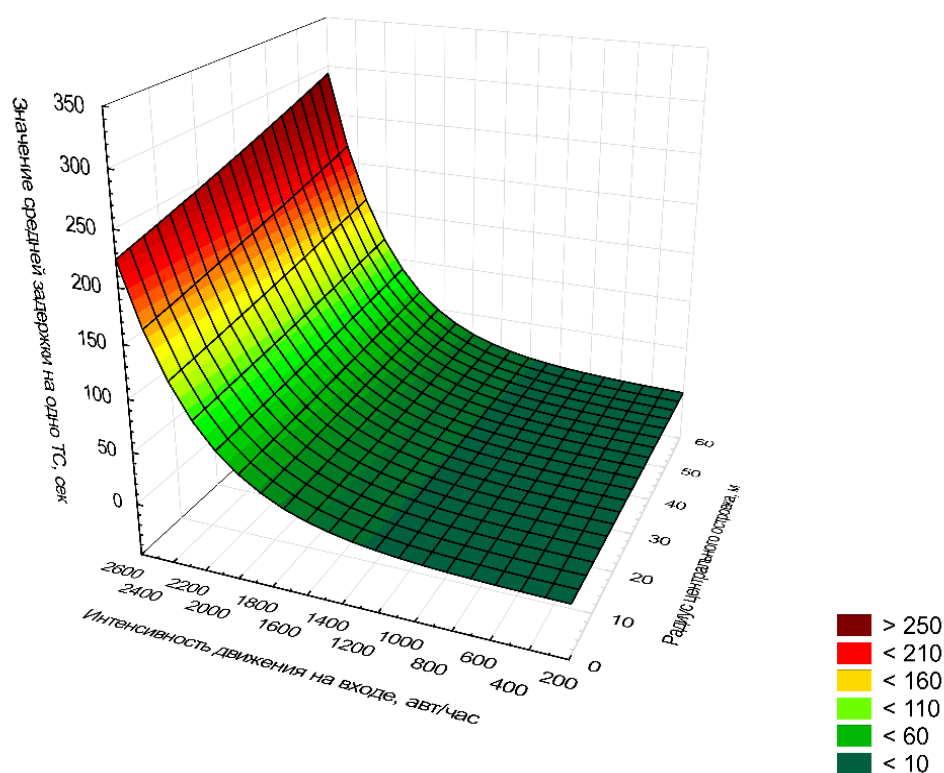


Рис. 2. Значение полной задержки транспортных средств

При проектировании кольцевых пересечений в зарубежных странах определение задержек транспортных средств является одним из важнейших критериев.

В нормативной литературе США [3] дана классификация уровней обслуживания кольцевых пересечений, которым соответствуют значения средних задержек транспортных средств при условии, что:

$$\frac{N_{\text{СУМ}}^{\text{ВХ}}}{P_{\text{КП}}} \leq 1,$$

где: $N_{\text{СУМ}}^{\text{ВХ}}$ – суммарная интенсивность движения проехавших через кольцевое пересечение, авт./час;

$P_{\text{КП}}$ – пропускная способность кольцевого пересечения, авт./час.

Величина средней задержки транспортных средств, которые движутся через кольцевое пересечение может быть использовано, как основной количественный показатель, на основании которого можно определить уровень эффективности работы кольцевого пересечения, а также проведенных или планируемых мероприятий по увеличению пропускной способности кольцевого пересечения.

Уровень обслуживания (LOS)	Средняя задержка (d), сек
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 15$
C	$15 < d \leq 25$
D	$25 < d \leq 35$
E	$35 < d \leq 50$
F	>50

Имитационное моделирование транспортных потоков в России находит все более широкое применение и представляется мощным инструментом для оценки и анализа эффективности движения на автомобильных дорогах. Кроме того, необходимо отметить, что программный комплекс PTV Vision VISSIM, позволяет в значительной мере упростить работу проектировщика и создает достоверную платформу для проектирования как дорожно-транспортных, так и любых градостроительных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / Д. Дрю ; перевод с англ. Е. Г. Коваленко. – М. : Транспорт, 1972. – 423 с.
2. Блог Дмитрия Беспалова. PTV VISSIM: моделирование транспортных потоков: Украина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bespalov.me/2012/12/03/ptv-vissim-modelirovanie-transportnih-potokov>.
3. FHWA-RD-00-067. Roundabout. An informational guide. // Federal Highway Administration, 2000.